

国土交通省総合技術開発プロジェクト

高度な画像処理による 減災を目指した国土の監視技術の開発

(平成19年度～平成21年度)

国土地理院 測図部

研究の背景・必要性

本研究の目的

大規模地震発生時に広範囲に生じた被害の分布を短期間で把握するため、空中写真等を画像処理することによって倒壊建物の発生分布を迅速に地図上で把握し、発災直後の危機管理に活かすとともに、揺れやすい地盤の特定手法の確立や防火の事前対策用ツールの構築によって、地震時に生じ得る建物被害の抑制につなげる。

技術的背景

新しい技術要素

- ・デジタル航空カメラの出現
- ・「だいち」の打上げ成功



技術的背景

情報基盤の整備

- ・基盤地図情報の整備
- ・電子納品の進展

技術開発の内容

我が国で地勢上避けることができない大規模地震災害に対し、災害に強い社会の実現に寄与することを目指して以下の技術開発を行う。

- ・2時期の画像から変化情報を抽出する技術開発
- ・開発前の地形と現在の地形の比較によって脆弱な盛土地盤の地区を把握し、その危険性を評価する手法の開発
- ・市街地における精緻な火災延焼シミュレーションの開発
- ・把握された被災状況を適切な基盤地図に重ね合わせて、行政・住民・ボランティアなどが、ダメージを受けた情報通信インフラの下でも確実に情報を提供・収集することができる技術開発

研究の全体構成

1. 2時期の画像から迅速に変化情報(被災状況)を抽出する技術開発

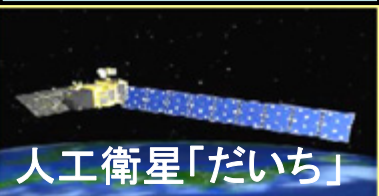
デジタル航空カメラ



①デジタルカメラによる災害状況把握の迅速化

②地上計測車による画像の取得技術の開発

③超高速インターネット衛星による画像伝送時間の短縮



⑤「だいち」による災害状況把握

⑥災害対応業務分析と画像処理技術の適用可能性検討

④発災前後の高さ比較による建物倒壊箇所把握

発災前後の画像から得た高さを比較することにより、建物倒壊位置を抽出



基盤地図上に把握した被災状況を重ね合わせ表示

2. 脆弱な盛土地盤の把握・評価に関する研究

現在の地形

過去の地形

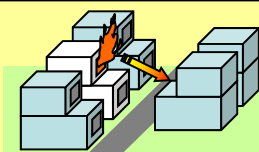


比較



- ①盛土の位置と規模の把握手法の開発
- ②盛土脆弱性評価システムの構築

3. 市街地における精緻な火災延焼シミュレーションの開発



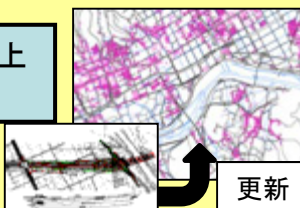
市街地火災総合対策支援ツールの開発

高度な火災シミュレーションとリアリティの高い映像化技術の開発

4. 基盤地図情報の更新及び災害情報の収集・伝達の技術開発

①被災状況を適切な基盤地図情報上に表示する地図更新技術開発

変化の激しい道路を工事図面で更新する技術開発



更新

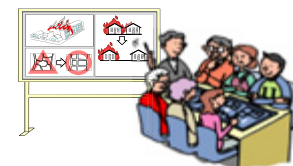
②低下した情報通信インフラ下での情報収集・提供技術開発

携帯電話で動作するWebGISを構築



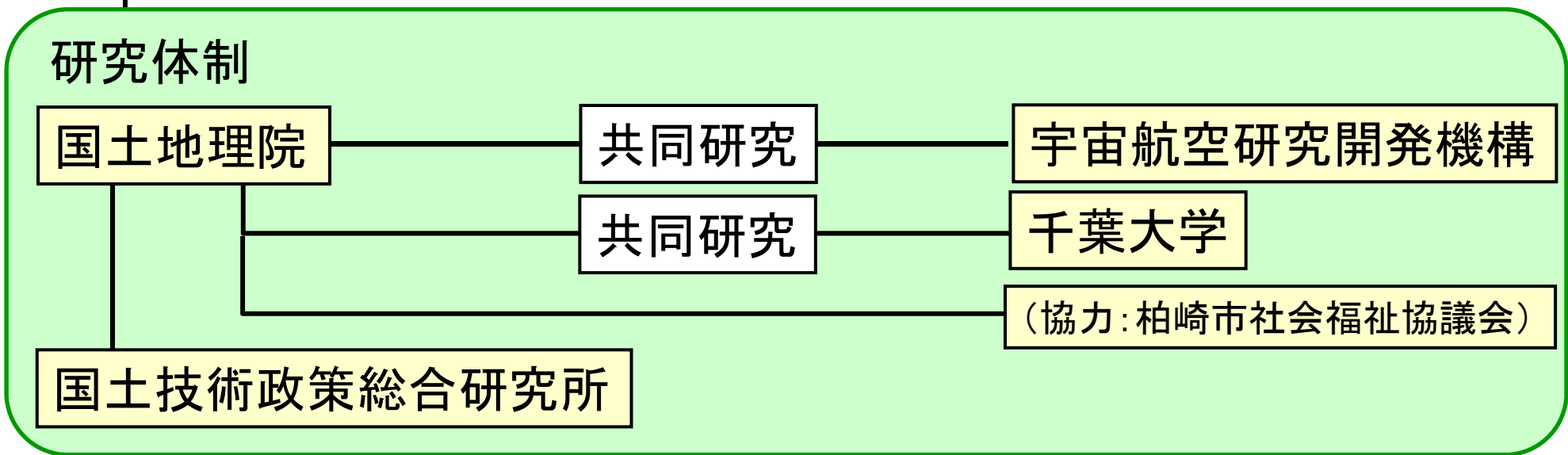
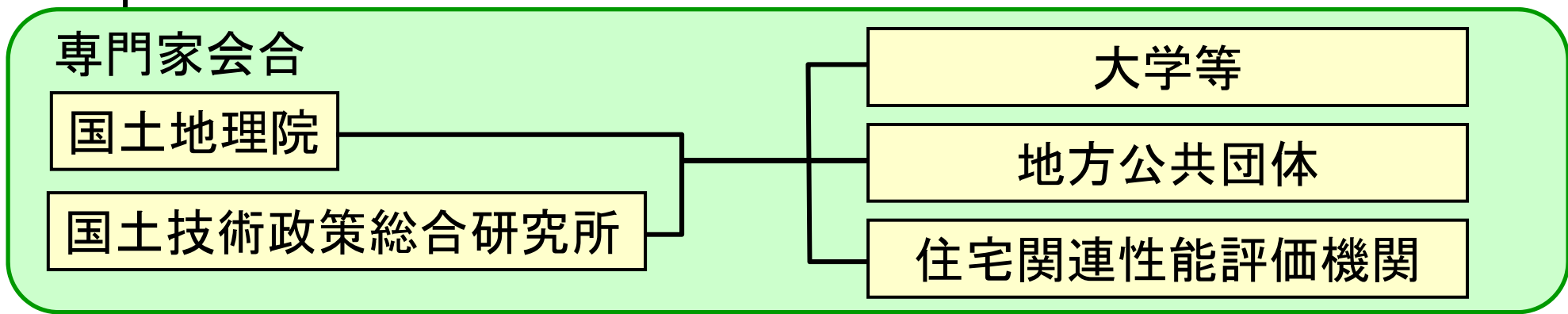
研究成果

- 迅速な広域の災害状況把握
- 通信能力低下環境下での災害情報伝達
- 盛土箇所の特定と危険性評価
- 災害に強いまちづくりへの合意形成



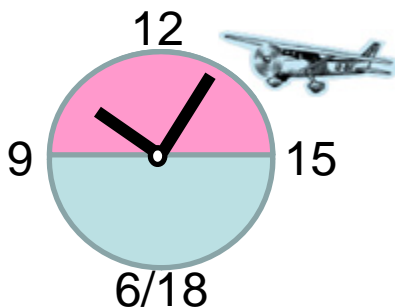
研究の実施体制

運営委員会
(外部有識者6名を含む17名)



1. 2時期の画像から迅速に変化情報(被災状況)を抽出する技術開発

1-① デジタルカメラによる災害状況把握の迅速化



従来のアナログ式カメラでは午後3時までであった撮影可能時間をできるだけ延長し、発災当日中の撮影機会を増大させる。

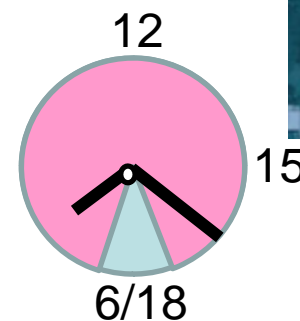


■ デジタルカメラ(CCD)で撮影できる限界照度を検証
 写真からの被害抽出が可能な明るさが2000ルクスと判明。
 これは、最も条件の悪い冬場で日没15分前の明るさ。



日没ごろの撮影画像

- ・ **撮影可能時間が午前6時30分頃～午後5時30分頃の11時間に拡大(80%増加)。**
- ・ **特に午後3時から日没直前へ延長の効果が大きい。**



- ・ 発災当日中の緊急撮影実施の可能性が飛躍的に増大
- ・ この結果を元に、民間航測会社との緊急撮影協定のマニュアルを夕刻時の撮影も許容する内容に改訂

1. 2時期の画像から迅速に変化情報(被災状況)を抽出する技術開発

1-② 地上計測車による画像の取得技術の開発

空中写真では判読不可能な被害状況を把握できる技術を開発する。

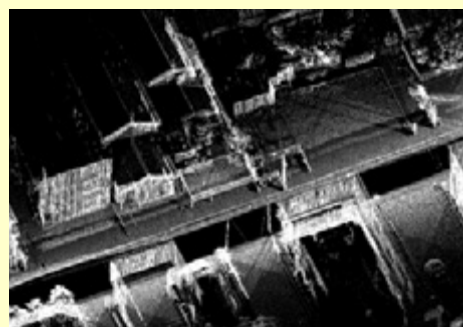
新潟県中越沖地震被災状況を2種類の地上計測車で観測



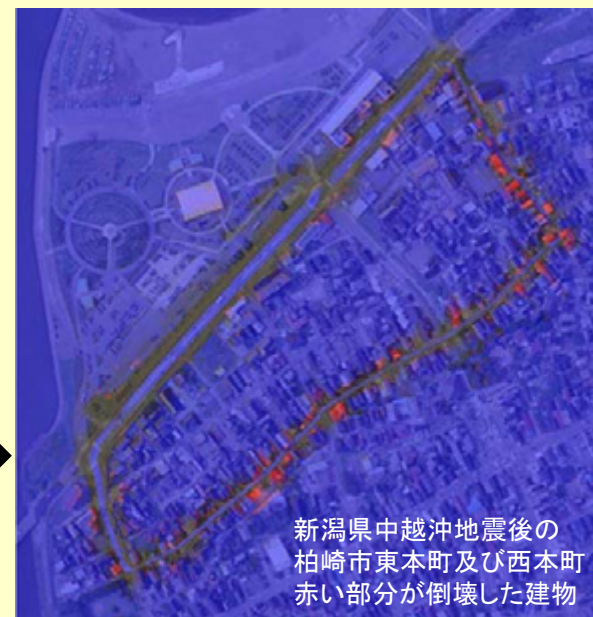
車載型レーザースキャナ



360度カメラによる被害状況分析



- ・三次元データから表層高低下部分抽出
- ・360度カメラ画像から状況確認しながら被害を判読



新潟県中越沖地震後の柏崎市東本町及び西本町
赤い部分が倒壊した建物

地上計測車センサで取得した倒壊家屋状況。道路両側の被害状況が極めて正確に把握できている。

車載型レーザースキャナと360度カメラを併用した、高精度の被害判読が可能に

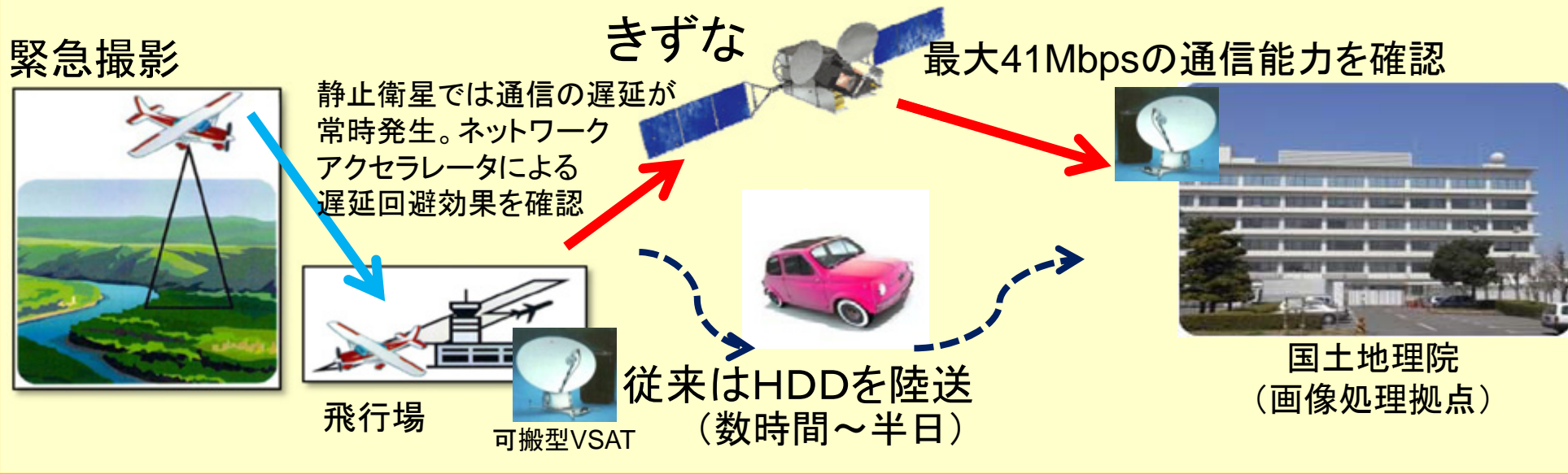
今後、データ伝送や処理方法を改良し、処理時間を短縮することで初動期における実用性向上が可能。また、発災当日夜間に計測ができれば、空中写真による災害状況把握を補完可能。

1. 2時期の画像から迅速に変化情報(被災状況)を抽出する技術開発

1-③ 超高速インターネット衛星による画像伝送時間の短縮

撮影された画像データ(数十GB以上)の伝送を迅速化する。

超高速インターネット衛星「きずな」(平成20年打上げ)で画像を伝送し有効性を検証。



国土地理院から600km以上離れたケースで**6時間程度の短縮効果を確認**

国土地理院とJAXAとの間で、災害時36時間の「きずな」優先利用協定(無償でのアンテナ貸与と回線提供)を締結。通信確立手順書も作成。

※本件については、2009年8月5日の宇宙開発委員会で報告済。

1. 2時期の画像から迅速に変化情報(被災状況)を抽出する技術開発

1-④ 発災前後の高さ比較による建物倒壊箇所把握

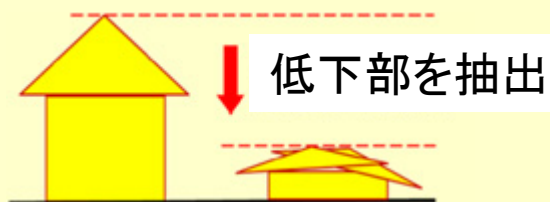
大規模地震発生時は、被害集中域を早期に把握することが重要であり、広域の建物倒壊状況を「初動期」中に捉え、地図上で把握可能とする手法を開発する。

DSM(表層の高さデータ)の作成

空中写真の画像処理により30cmメッシュ以下のDSMを作成、発災前後の2時期のDSMを比較

フィルタリング

発災前後のDSMの低下部の集合から「建物」の特徴を捉えるフィルタの内容を検討
(バス、植生の影響などを除外)



新潟県中越沖地震の柏崎市中心部で評価。
実際の倒壊建物97棟に対し、
抽出成功 86棟(抽出漏れ11棟)
誤抽出 9箇所 → 成功率約90%

30km²について画像取得後20時間で約9割の正確度での建物倒壊箇所抽出が可能に。

さらに今後のPCの処理能力向上で、より迅速化・広域化も可能。

なお、様々な被災状況把握への活用のためには、事例の蓄積が必要。

1. 2時期の画像から迅速に変化情報(被災状況)を抽出する技術開発

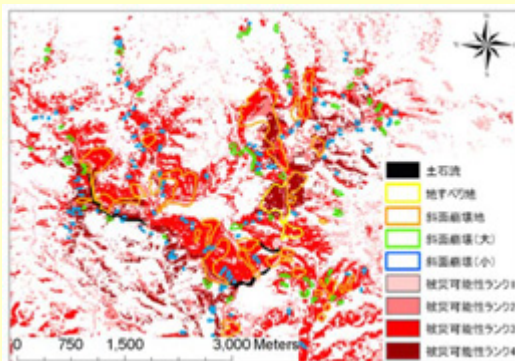
1-⑤ 「だいち」による災害状況把握

衛星画像から極めて広い地域の土砂災害発生個所を把握する技術を開発する。

発災前後の「だいち」AVNIR-2画像によるNDVI(植生指標)値の変化情報と、被災可能性指標値等を組み合わせて被災箇所を推定



NDVI



被災域との関連性	得点	傾斜度	地すべり地	総得点	傾斜度	地すべり地	指標
強	2	20° ~	あり	4	20° ~	あり	被災可能性 高 ↑ ↓ 被災可能性 低
				3	20° ~	なし	
弱	1	~ 20°	なし	2	~20°	あり	
				1	~20°	なし	

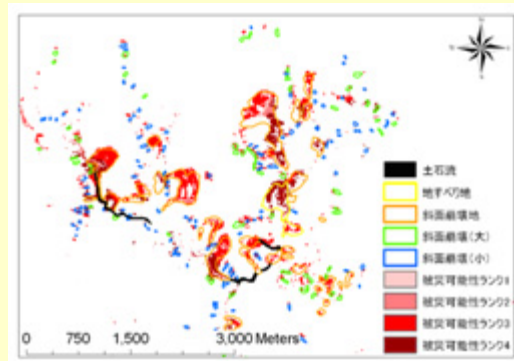
傾斜度等による土砂災害の起こりやすさを示す被災可能性指標値

AVNIR-2によるオルソ画像

発災前 2006年8月4日及び10月17日撮影
発災後 2008年7月2日撮影 の画像を使用
地上分解能10m

NDVIだけでは誤抽出多数

- 被災可能性指標値によるランク付け後、NDVIの閾値と傾斜3%以下の範囲をフィルタリングで除外
- 平成20年(2008年)岩手宮城内陸地震の実被害との評価結果は、約70%の適合率。



大規模土砂崩壊箇所の分布と概ね合致

「だいち」のAVNIR-2のケースでは、画像取得後約4時間で山間部の土砂災害の概略発生状況を基盤地図情報上に重ね合わせて把握可能に。

1. 2時期の画像から迅速に変化情報(被災状況)を抽出する技術開発

1-⑥ 災害対応業務分析と画像処理技術の適用可能性検討

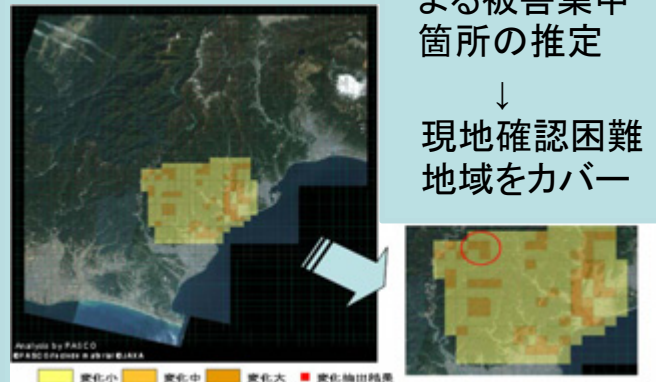
開発された画像技術の実用化を目的として実際の災害対応への適用可能性を検討する。

空中写真による
詳細な道路被害の判読結果



約3.5mの橋梁横ずれの抽出(分解能1mの画像で抽出可能であることを検証)

衛星画像による被害の全体像把握



開発成果である画像処理技術を、大規模地震に適用した場合の被害把握イメージ

二時期比較による被害集中箇所の推定

↓
現地確認困難地域をカバー

様々な画像処理技術を用いた被災箇所抽出



植生の変化で斜面の崩落を抽出した事例

災害対応を業務分析し、大規模地震を想定した画像等提供シナリオを作成

防災担当者向けの「画像取得・処理技術データ集」を作成

国や地方公共団体の災害対応業務へ、画像処理による被害把握技術の導入を誘導し、実災害における災害状況把握の効率化を図る

2. 脆弱な盛土地盤の把握・評価に関する研究

2-① 盛土の位置と規模の把握手法の開発



大規模宅地造成地の変動予測調査が進捗していない。

盛土地形データを作成する標準的な手法を確立する。

● 盛土地形データ作成標準手法の検討



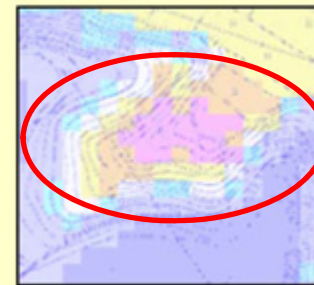
過去の状況
(谷状になっている)

データ作成



現在の地形
(団地になっている)

DEM比較



ピンクで表示された盛土部分が把握できる

盛土地形分布図

大規模宅地造成地の変動予測調査ガイドラインの構成

第一次スクリーニング

- 調査対象地域の設定
- 盛土造成地の位置と規模の把握
- 第二次スクリーニング計画の作成

大規模盛土造成地マップ

- 大規模盛土造成地マップの作成
- 大規模盛土造成地マップの公表と活用

第二次スクリーニング調査

- 現地調査
- 安定計算

防災区域指定等

- 保全対象の調査
- 防災区域の指定等

評価対象の標高データ取得手法	モデル地区データ作成による評価
空中写真からメッシュ毎の標高値を人間が計測	谷埋盛土は概ね良。斜面の盛土(擁壁部)は連続性不良
空中写真からの等高線等の取得に加え地形変化部の標高値を追加計測する方法	谷埋盛土、腹付盛土とも良好で精度最良
空中写真から標高値を自動的に生成	谷埋盛土は良、腹付盛土は不良。住宅が建っている地点では建物の高さを計測し、地表面の正確なデータを取得できず
既存の地図の等高線を取得し、計算により生成	平坦地では等高線の分布に影響され盛土を正しく捕捉できず

効率性で劣るものの谷埋盛土、腹付盛土が概ね正確に計測できた、空中写真からの等高線等の取得+地形変化部の標高値(ブレイクライン)追加計測方法が、過去の地形データ作成手法として最良と結論づけ

過去の地形データの標準的な作成手法を提示することで盛土地形の把握が可能に

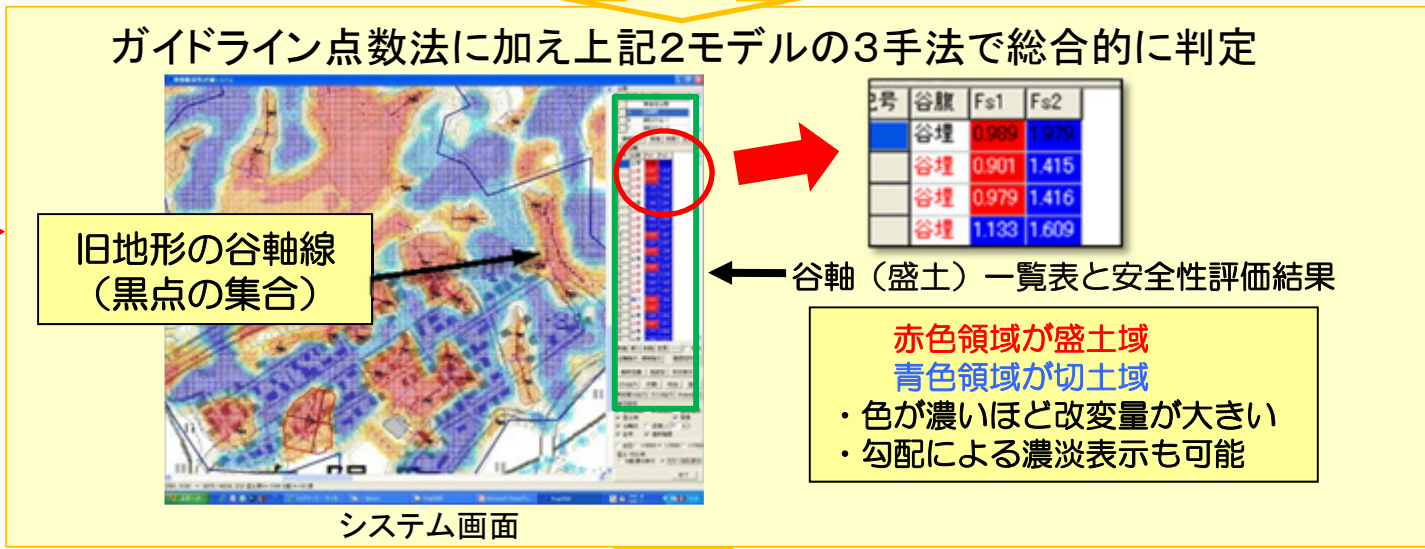
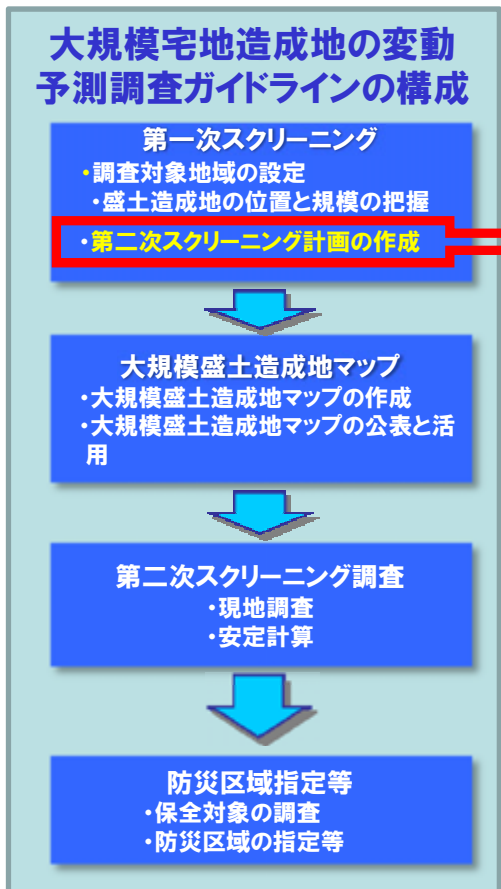
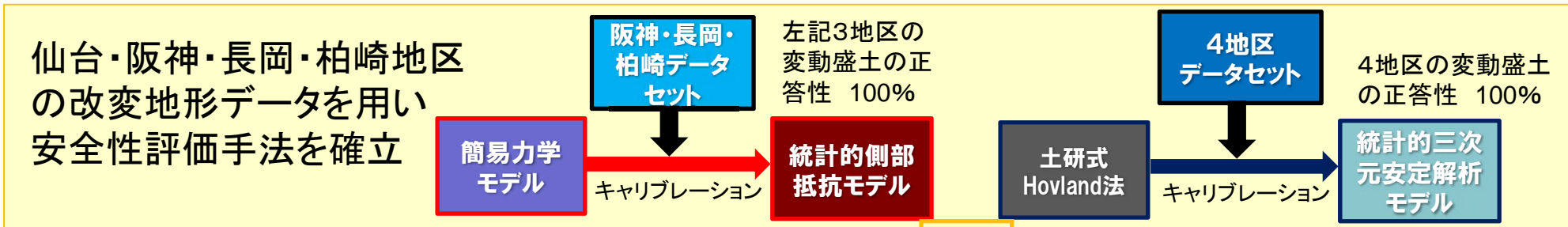
「人工改変地形データ抽出のための手順書」として取りまとめ

大規模宅地造成地の変動予測調査ガイドラインにおける標準的な手法として位置付け予定

2. 脆弱な盛土地盤の把握・評価に関する研究

2-② 盛土脆弱性評価システムの構築

盛土の危険性評価手法を確立し、盛土箇所の脆弱性を評価するシステムを構築する。



第二次スクリーニング計画の作成のための盛土の簡便な危険性評価を可能とした。

盛土脆弱性評価システムとして構築

大規模宅地造成地の変動予測調査ガイドラインにおける標準的な手法として位置付け予定

地方公共団体による盛土危険性評価に活用

3 市街地における精緻な火災延焼シミュレーションの開発

市街地火災総合対策支援ツールの開発

高精度な建物データや基盤地図情報を活用し、防火対策について住民との合意形成に役立つツールを開発する。

① 高度な市街地火災シミュレーションプログラムを開発

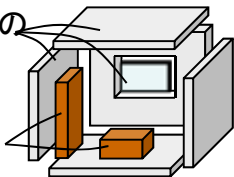
上層階セットバック等の複雑な建物形状を考慮した延焼状況、建物の部材の防火性能に応じた延焼状況を推定可能なシミュレーションプログラムを開発



建物形状制限時の防火性能が評価可能に

壁、天井、窓等ごとの防火性能を評価

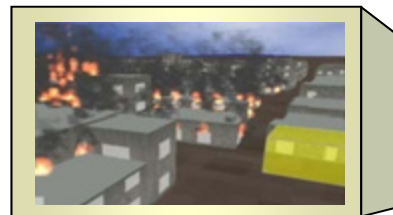
家具類



防耐火補強の効果が評価可能に

② 市街地火災映像化技術を開発

シミュレーション結果を3次元表示するとともに、建物テクスチャの再現、火炎・煙の描画等によりリアリティのある映像として表示する技術を開発

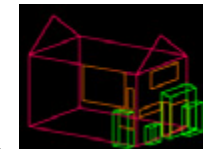


地域住民等が市街地の危険性、さらに自宅や市街地を改善した際の危険性の低減を実感でき、効果的な住民説明や合意形成が円滑化

③ 市街地データ・建築物データの管理技術を開発

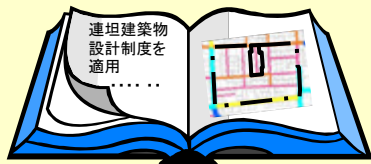
詳細な建物データの作成・変換方法、属性データの変換・代替方法に関する技術を開発

- ・基盤地図情報等のGISデータのインポート
- ・道路幅や斜線制限変更等に伴う建物位置・形状補正の自動処理、等



評価に必要なデータ作成・整備が容易に

市街地火災総合対策支援ツール及びその活用マニュアルを作成



現状や計画案の市街地防火性能の評価、建築基準法集団規定の特例制度の適用条件の検討、適用時の火災安全性の検証等が容易に実施可能となる

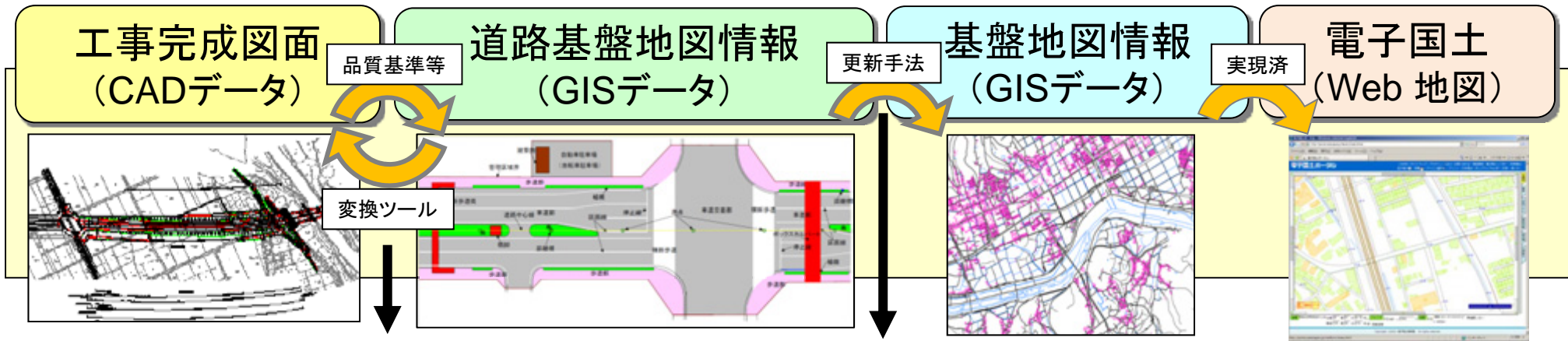
- ・市街地火災総合対策支援ツール及び活用マニュアルはインターネット等で無償配布
 - ・地方公共団体等での市街地火災対策の技術的支援を実施
- 地方公共団体における地域の防災に対する取り組みの強化に活用

4. 基盤地図情報の更新及び災害情報の収集・伝達の技術開発

4-① 被災状況を適切な基盤地図上に表示する地図更新技術開発

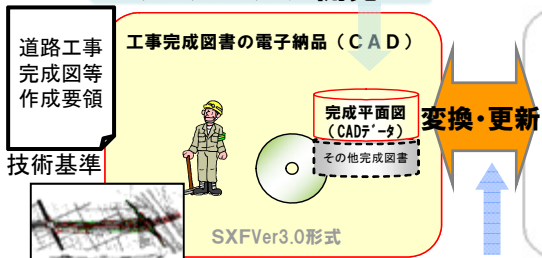
基盤地図情報において、最も変化が激しい道路の更新技術を開発

道路工事の完成図面を基盤地図情報の更新に活用する手法を検討する。

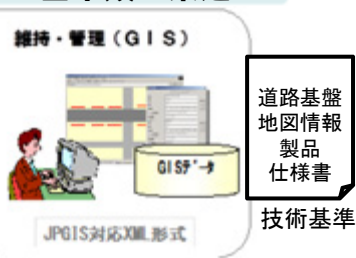


① 道路工事図面等を活用した更新の迅速化のための技術開発

チェックプログラム開発



基準類の策定

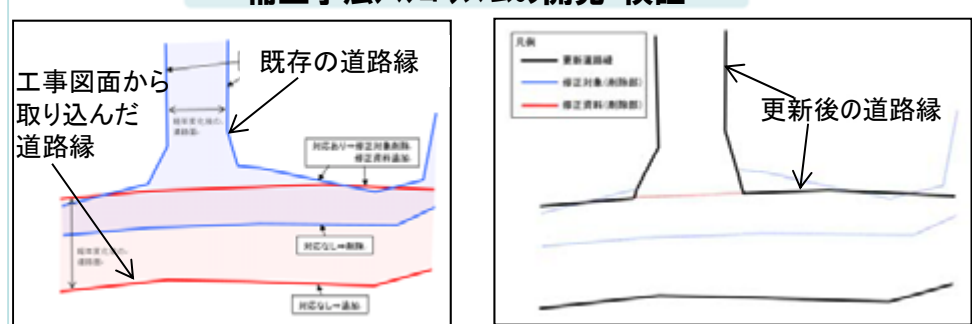


CAD-GIS/GIS-CAD コンバータ開発
GISデータの切出し・接合・更新処理技術の開発

GISへの取り込みに必要となる属性等の仕様は技術基準として取りまとめ

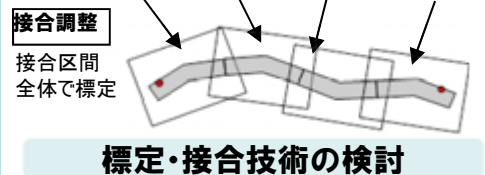
② 仕様の異なる地図データ間の位置ズレの補正技術の開発

補正手法アルゴリズムの開発・検証



半自動で道路縁を更新するアルゴリズムを構築。

分離帯部の処理を除き、道路縁の更新処理が可能。実際の更新業務への適用に向け、さらに改良を実施。

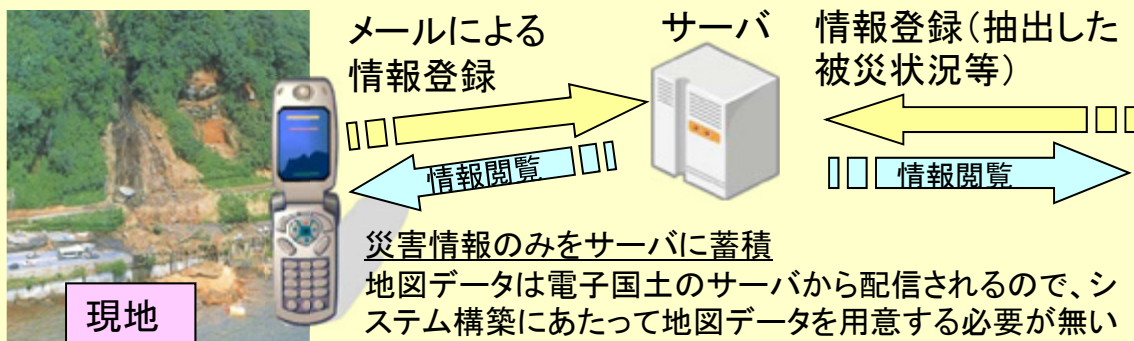


4. 基盤地図情報の更新及び災害情報の収集・伝達の技術開発

4-② 低下した情報通信インフラ下での情報収集・提供技術開発

通信能力が低下した被災地における災害情報の共有手段を開発する。

電子国土Webシステムを携帯電話でアクセス可能とするシステム開発を実施



対策本部等

携帯電話により現地から登録された災害情報に対策本部のPCからもアクセス可能に

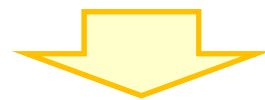


平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震「災害情報集約マップ」への現地からの情報登録で実証。

電子国土Webシステムをベースとして、災害情報を携帯(現地)とPC(災害本部)の両方で登録・閲覧することができ、**現地と災害本部の情報共有を可能とするシステムを構築。**

今後、滋賀県をモデル地区として実証するほか、各地の電子国土セミナーで地方公共団体に周知

- 発災後の短期間に2時期の画像から面的な変化情報(被害箇所)を把握可能としたことで、災害対策初動期の被害集中域の早期把握に寄与
- 揺れやすい地盤である盛土部の特定とその脆弱性把握の標準的手法を提示し、地方公共団体による盛土部への事前対策の進展に寄与
- 都市計画における防火対策に関する住民の合意形成に用いる精緻な火災延焼シミュレーションの開発を行い、災害に強いまちづくりに寄与
- 被災状況を基盤地図上に重ね合わせて通信能力が低下した環境下でも収集・提供可能なシステムの構築により、災害情報共有手段を実現



当初の研究目標をほぼ達成し、課題についても明確化
成果は、手順書・マニュアル等にまとめ、インターネット等で公開し、
地方公共団体や災害担当部局における活用を図る

事後評価(自己評価)

【目標の達成度】

倒壊建物の発生分布を迅速に地図上で把握可能とすること及び揺れやすい地盤の特定手法の確立や防火の事前対策用ツールの構築という目標は達成した。なお、一部の技術については、実用性向上に向けてさらに検討することが必要である。

【成果】

発災直後の災害対応に不可欠な、被害状況の地図上での迅速な把握と災害情報を被災地も含めた関係者間で共有することを可能とした。また、事前対策のための研究成果は、いずれも「人工改変地形データ抽出のための手順書」等の手順書やマニュアル類として取りまとめ活用を図るなど、妥当な成果である。

【本研究開発の実施方法・体制の妥当性】

推進委員会及び学識経験者と実際の災害対応業務に携わる地方公共団体の担当者を含めた専門家会合を設置し、各研究テーマに関連する最新の学術的知見を得るとともに実際の災害対応業務で生じ得る課題抽出を行いつつ研究開発を実施した。

【上記を踏まえた本研究開発の妥当性】

研究成果の多くが大規模地震災害による人的・経済的損失の低減(減災)に、直接、間接に活用される施策の推進のため有用なものであり、妥当な研究開発であった。